日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: ２００３年　１月２０日

出 願 番 号
Application Number: 特願２００３－０１１３９９

[ST. 10/C]: ［ＪＰ２００３－０１１３９９］

出 願 人
Applicant(s): 日立ビアメカニクス株式会社

２００３年１１月２５日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office 今 井 康 夫

出証番号　出証特２００３－３０９６８６５

【書類名】　特許願
【整理番号】　HS369
【提出日】　平成15年 1月20日
【あて先】　特許庁長官殿
【国際特許分類】　G02B 26/08
【発明の名称】　スキャナ装置およびレーザ加工機
【請求項の数】　6
【発明者】
【住所又は居所】　茨城県土浦市神立町５０２番地　株式会社　日立製作所機械研究所内
【氏名】　遠山　聡一
【発明者】
【住所又は居所】　茨城県土浦市神立町５０２番地　株式会社　日立製作所機械研究所内
【氏名】　坂本　淳
【発明者】
【住所又は居所】　茨城県土浦市神立町５０２番地　株式会社　日立製作所機械研究所内
【氏名】　大槻　治明
【発明者】
【住所又は居所】　神奈川県海老名市上今泉２１００番地　日立ビアメカニクス株式会社内
【氏名】　大久保　弥市
【特許出願人】
【識別番号】　000233332
【氏名又は名称】　日立ビアメカニクス株式会社

【代理人】

【識別番号】　100078134

【弁理士】

【氏名又は名称】　武　顕次郎

【電話番号】　03-3591-8550

【手数料の表示】

【予納台帳番号】　006770

【納付金額】　21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】　明細書　1

【物件名】　図面　1

【物件名】　要約書　1

【プルーフの要否】　要

【書類名】　明細書

【発明の名称】　スキャナ装置およびレーザ加工機

【特許請求の範囲】

【請求項１】　フィードバック制御手段を備え、回転軸に固定されたミラーの角度を検出し、前記角度が目標値に一致するように前記角度を制御するスキャナ装置において、

前記フィードバック制御手段の特定の周波数に関するゲイン特性および位相特性を打ち消すように目標軌道を修正する修正目標軌道生成手段を設け、

前記フィードバック制御手段に対して、前記修正目標軌道生成手段の出力信号を目標値として入力することを特徴とするスキャナ装置。

【請求項２】　前記フィードバック制御手段のゲイン特性および位相特性を推定する周波数特性推定手段を設け、この周波数特性推定手段により前記特定の周波数に関する前記ゲイン特性および位相特性を推定することを特徴とする請求項１に記載のスキャナ装置。

【請求項３】　目標値が、ひとつまたは複数の周波数の正弦波の重ねあわせからなる周期的な目標軌道であり、前記周波数特性推定手段を用いて前記目標軌道を構成する周波数のゲイン特性と位相特性を推定し、該ゲイン特性と位相特性を打ち消すように、前記周期的目標軌道を修正することを特徴とする請求項１または２に記載のスキャナ装置。

【請求項４】　前記修正目標軌道生成手段は、前記周波数特性推定手段によって推定したゲイン特性および位相特性の逆特性を有するフィルタ演算を行う逆特性フィルタ手段である、ことを特徴とする請求項１ないし３のいずれか１項に記載のスキャナ装置。

【請求項５】　請求項１ないし４のいずれか１項に記載のスキャナ装置を備え、被加工物表面に２次元的なレーザビームの軌跡を描くことにより、２次元的にレーザ加工することを特徴とするレーザ加工機。

【請求項６】　前記目標軌道が一時的に急激に変化する過渡状態の間は、被加工物への前記レーザビームの照射を停止させる制御手段を備えていることを特徴とする請求項５に記載のレーザ加工機。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、回転軸に固定されたミラーの角度を検出し、ミラーの角度が指令された目標値に追従するように回転軸を制御するスキャナ装置およびレーザ加工機に関する。

【０００２】

【従来の技術】

レーザマーキングやプリント基板に穴あけ加工を行うレーザ加工機では、加工位置の座標を座標変換してミラーの角度指令データとする。そして、スキャナ装置によりミラーの角度を変え、レーザ発振器から出力されるレーザビームを被加工物の加工位置に照射する。通常、レーザビームを２次元的に位置決めする必要があるので、直交する２本の座標軸（Ｘ軸とＹ軸）に対応させた２個１組のスキャナ装置を使用する。この場合、レーザビームをＸ軸方向に位置決めするスキャナ装置（以下、「Ｘ軸スキャナ」という。）とレーザビームをＹ軸方向に位置決めするスキャナ装置（以下、「Ｙ軸スキャナ」という。）の制御は互いに独立して行うことができるが、レーザビームの発射時期と同期を取る必要がある。

【０００３】

スキャナ装置には、ミラーの角度を検出するセンサと、角度のフィードバックを行うサーボ制御回路と、が設けられている。

【０００４】

レーザ加工機によりプリント基板に穴を加工する場合、レーザビームの直径に略等しい直径の穴を加工する加工モードと、レーザビームの直径よりも大径の穴を加工する加工モードとがある。

【０００５】

前者の場合、加工位置に対応した角度にミラーを静止させた後、レーザビームをパルス状に照射する。これによりレーザビーム径にほぼ等しい直径約５０～３００μｍの穴を加工することができる。この加工モードにおける加工ピッチは、通常、０．５～１ｍｍ程度である。

【０００６】

また、後者の場合、Ｘ軸スキャナとＹ軸スキャナへの角度指令として、位相が互いに９０°ずれた二つの正弦波を目標軌道として入力すると共に、レーザビームをビーム・スポットが一部オーバーラップするような周期で照射することを繰り返す。レーザビームの軌跡（以下、「ビーム軌跡」という。）はミラーの運動の位相面軌跡、すなわち正弦波の振幅に比例した直径の円になるので、中心を固定した状態でビーム軌跡の直径を段階的に変え、上記の動作を繰り返すことにより円形の中ぐり加工を行うことができる。

【０００７】

また、Ｘ軸スキャナとＹ軸スキャナへの角度指令を変えることにより、任意のビーム軌跡を描くことができる。（以下、ビーム軌跡を描かせる加工モードを「目標軌道追従加工」という。）

なお、米国特許第４８６４２９５号明細書には、ミラーの回転角度を検出する手段として回転軸に取り付けられた誘電体の平板を２枚１組の固定極板ではさみ、回転軸の角度を極板間の静電容量の変化として電気的に検出する可変容量型角度センサの技術が開示されている。

【０００８】

また、特開平４－１２７９８１号公報には、ミラーに角度測定用のレーザビームを照射し、その反射光をリニアセンサで検出することによりミラーの回転角度を検出する技術が開示されている。

【０００９】

【特許文献１】

米国特許第４８６４２９５号明細書

【００１０】

【特許文献２】

特開平４－１２７９８１号公報

【００１１】

【発明が解決しようとする課題】

炭酸ガスレーザのパルス発振周波数は約４ｋＨｚ以上、ＵＶ－ＹＡＧレーザの

パルス発振周波数は約２０ｋＨｚ以上である。一方、スキャナ装置の制御帯域周波数は約１ｋＨｚであり、レーザのパルス発振周波数より低い。したがって、ミラーをできるだけ高い周波数で精密に追従制御することができれば、目標軌道追従加工をさらに高速・高精度なものとすることができる。

【００１２】

本発明の目的は、上記従来技術における課題を解決し、高速・高精度な目標軌道追従加工を実現することができるスキャナ装置を提供するにある。

【００１３】

【課題を解決するための手段】

ところで、目標軌道の離散時間的データを上位制御回路からＸ軸スキャナとＹ軸スキャナに送信することに代えてサーボ制御回路内部で目標軌道を生成するように構成すると、送信に要する時間の累積を大幅に削減できるので、目標軌道追従加工を高速化できると推定される。

【００１４】

そこで、本発明者はこの考えに基づくスキャナ装置を製作して動作を確認した。なお、プロトタイプのスキャナ装置は、マイクロプロセッサの動作を除き本発明に係るスキャナ装置のブロック図である図１と同じであるので、以下、図１を参照しながらプロトタイプのスキャナ装置の説明をする。

【００１５】

スキャナ装置Ｓは、Ｘ軸スキャナ１と、Ｙ軸スキャナ２と、サーボ制御回路３と、制御回路５とから構成されている。

【００１６】

Ｘ軸スキャナ１は、アクチュエータ１１と、アクチュエータ１１の回転軸１３に固定されたミラー１２とから構成されている。Ｙ軸スキャナ２は、アクチュエータ２１と、アクチュエータ２１の回転軸２３に固定されたミラー２２とから構成されている。アクチュエータ１１、２１には、それぞれ回転軸１３、２３の角度を検出するための角度センサ１４，２４が内蔵されており、ミラー１２、２２の角度を知ることができる。アクチュエータ１１、２１は、サーボ制御回路３により制御される。

【００１７】

制御回路５は計算装置６から加工位置などの情報を受け取り、ミラー１２、２２に対する角度指令や加工形状の特徴量などの情報をサーボ制御回路３に送信すると共に、レーザ発振器７の出力タイミングを制御する。

【００１８】

サーボ制御回路３の構成をさらに詳細に説明する。

【００１９】

マイクロプロセッサ３２は、目標値を生成するために必要なプログラムやデータの格納領域を備えており、制御回路５から受信した指令データに基づき、ＤＡ変換器３３、３９に入力する目標値を生成する。

【００２０】

ＤＡ変換器３３、３９は、マイクロプロセッサ３２が生成したディジタル信号の目標値をアナログ信号に変換する。ＡＤ変換器３８、４４は、角度センサ１４、２４から出力されるアナログ信号をディジタル信号に変換する。

【００２１】

ＲＯＭ４５には、正規化された１周期分のコサイン波とサイン波が離散時間的に記憶されている。ＲＡＭ４６は、ＡＤ変換器３８、４４を介して取り込まれた離散時間における角度検出信号を記憶する。データバス３１は、サーボ制御回路３内部のディジタル信号を伝送する。

【００２２】

ミラー１２（Ｘ軸）のフィードバック制御回路は、加算器３４と、サーボ補償器３５と、パワーアンプ３６と、角度検出回路３７とから構成されている。角度検出回路３７は、アクチュエータ１１に内蔵された角度センサ１４の出力信号によりミラー１２の角度を検出する。加算器３４はＤＡ変換器３３から入力された目標値と角度検出回路３７から出力された検出信号との偏差を計算し、その結果をサーボ補償器３５に出力する。サーボ補償器３５は加算器３４から出力された偏差信号を小さくするような制御入力信号を計算し、パワーアンプ３６に出力する。パワーアンプ３６はサーボ補償器３５から入力された制御信号に基づき、アクチュエータ１１に駆動電流を供給する。

【００２３】

同様に、ミラー２２（Ｙ軸）のフィードバック制御回路は、加算器４０と、サーボ補償器４１と、パワーアンプ４２と、角度検出回路４３とから構成されている。角度検出回路４３は、アクチュエータ２１に内蔵された角度センサ２４の出力信号によりミラー２２の角度を検出する。加算器４０はＤＡ変換器３９から入力された目標値と角度検出回路４３から出力された検出信号との偏差を計算し、その結果をサーボ補償器４１に出力する。サーボ補償器４１は加算器４０から出力された偏差信号を小さくするような制御入力信号を計算し、パワーアンプ４２に出力する。パワーアンプ４２はサーボ補償器４１から入力された制御信号に基づき、アクチュエータ２１に駆動電流を供給する。

【００２４】

目標軌道が円である場合、制御回路５からマイクロプロセッサ３２に対して穴の直径および中心座標のデータを特徴量として与える。すると、スキャナ装置Ｓは以下のように動作する。

【００２５】

マイクロプロセッサ３２は、一定サンプル周期毎に、ＲＯＭ４５に記憶されている振幅が正規化された正弦波データ（ミラー１２用にはコサイン波、ミラー２２用にはサイン波のデータ）を読み出し、特徴量として与えられた穴の直径に基づいて振幅を目標軌道の半径に合わせるための係数倍と、中心座標のデータに基づいて振動中心を目標軌道の中心座標に一致させるための一定値加算を行う。

【００２６】

図４は、フィードバック制御回路における入力波形と出力波形の関係を示す図であり、（ａ）はミラー１２の場合、（ｂ）はミラー２２の場合を示している。また、図５はこの場合の位相面軌跡である。なお、両図において、点線は入力波形、実線は応答波形を示している。

【００２７】

図４に示されているように、応答波形（Ｙｘ、Ｙｙ）の振幅は、ミラー１２、ミラー２２のいずれも目標軌道（Ｒｘ、Ｒｙ）の振幅よりも小さい。応答波形の振幅はビーム軌跡の半径であるから、図５に示されているように、出力されたビ

ーム軌跡は目標軌道よりも小径になる。しかも、図５に示されているように、ビーム軌跡がＸ軸に交わる二点の値はＹ軸に交わる二点の値よりも大きく、ビーム軌跡が楕円になっている。したがって、このままでは、加工精度を向上させることができない。

【００２８】

そこで、本発明者は、ミラー１２、ミラー２２のフィードバック制御回路の周波数応答特性を調べた。

【００２９】

図６は、ミラー１２のフィードバック制御回路の周波数応答特性を示すボード線図、図７は、ミラー２２のフィードバック制御回路の周波数応答特性を示すボード線図であり、いずれも上段はゲイン特性を、下段は位相特性を示している。

【００３０】

角度のフィードバック制御において、目標値入力から制御量すなわち角度センサの検出信号までの伝達関数は、直流特性としてはゲインが１（０ｄＢ）、位相遅れが０°である。これに対し、得られた結果は、ミラー１２、ミラー２２とも高周波領域でゲインが低下している。なお、ミラー１２、ミラー２２の特性波形は定性的に似ているが、定量的には異なっている。このため、ミラー１２のフィードバック制御回路とミラー２２のフィードバック制御回路とでは、制御対象の共振周波数を含む高周波領域において周波数応答特性のずれが大きくなる。このような２つのフィードバック制御に、位相が９０度ずれた制限波を目標値として入力しても、制御量を比較すると、高周波になるほど振幅が異なり、位相のずれも９０度からずれてしまう。

【００３１】

また、レーザ加工機におけるフィードバック制御回路の動特性は、制御対象の動特性や個体差に合わせて安定に動作するように調整されるので、慣性負荷の異なる制御対象に対して、フィードバック制御の動特性のずれをなくすことは困難である。

【００３２】

以上の結果から、本発明者は、ビーム軌跡を目標軌道に合わせるためには、ゲ

イン特性の低下および位相遅れを解消する必要があることを見出した。

【００３３】

なお、高周波領域においてゲイン特性と位相特性が低下する要因として、例えば、ミラー１２とミラー２２の慣性負荷が異なることが考えられる。すなわち、レーザビームがミラー１２、ミラー２２の順で反射されるとすると、ミラー２２はミラー１２によるレーザビームの可動範囲をカバーするために外形寸法をミラー１２よりも大きくする必要があるため、ミラー２２の慣性負荷はミラー１２の慣性負荷よりも大きくなる。

【００３４】

以上の結果に基づき、本発明の第１の手段は、フィードバック制御手段を備え、回転軸に固定されたミラーの角度を検出し、前記角度が目標値に一致するように前記角度を制御するスキャナ装置において、前記フィードバック制御手段の特定の周波数に関するゲイン特性および位相特性を打ち消すように目標軌道を修正する修正目標軌道生成手段を設け、前記フィードバック制御手段に対して、前記修正目標軌道生成手段の出力信号を目標値として入力することを特徴とする。

【００３５】

また、本発明の第２の手段は、レーザ加工機として、上記の第１の手段であるスキャナ装置を２個備え、被加工物表面に２次元的なレーザビームの軌跡を描くことにより、２次元的にレーザ加工することを特徴とする。

【００３６】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を図示の実施の形態に基づいて説明する。

【００３７】

図１は、本発明に係るスキャナ装置のブロック図である。なお、マイクロプロセッサ３２の動作を除き、他の構成要素については課題を解決するための手段において説明をしたので、重複する説明を省略する。

【００３８】

この実施形態に係るマイクロプロセッサ３２は、以下に述べるステップ１とステップ２からなる二段階の処理を行う。

【００３９】

（１）ステップ１：フィードバック制御のゲイン特性と位相特性の推定

ＲＯＭ４５に記憶した正弦波を逐次読み出し、ミラー１２とミラー２２のフィードバック制御回路に特定の（加工に採用しようとする）周波数で目標値を入力し、これに応答する角度検出信号をＡＤ変換器３８と４４でサンプリングして、ＲＡＭ４６に記憶する。そして目標値と応答信号の振幅比と位相差を計算することにより、その周波数におけるフィードバック制御のゲイン特性と位相特性を推定する。

【００４０】

以下、具体的に説明する。

【００４１】

ミラー１２のフィードバック制御回路には、目標値R_xとして式１で示すコサイン波を、また、ミラー２２のフィードバック制御回路には、目標値R_yとして式２で示すサイン波を、それぞれ一定サンプリング周期Ｔｓで入力する。なお、式１、式２におけるＡは振幅、ωは動特性を計測する角周波数、ｎは離散的な時刻を表す整数である。

【００４２】

ここで、振幅をB_x、B_y、位相角をψ_x、ψ_yとすると、サンプリング後のＸ軸ミラーの角度検出信号（応答信号）Y_xは式３により、また、Ｙ軸ミラーの応答信号は式４により、それぞれ得られる。

【００４３】

$$R_x(n\cdot Ts)=A\cdot\cos(\omega\cdot n\cdot Ts) \quad \cdots(式1)$$

$$R_y(n\cdot Ts)=A\cdot\sin(\omega\cdot n\cdot Ts) \quad \cdots(式2)$$

$$Y_x(n\cdot Ts)=B_x\cdot\cos(\omega\cdot n\cdot Ts+\psi_x) \quad \cdots(式3)$$

$$Y_y(n\cdot Ts)=B_y\cdot\sin(\omega\cdot n\cdot Ts+\psi_y) \quad \cdots(式4)$$

なお、動特性の推定には、正弦波応答開始後の過渡状態が十分に減衰している必要があるので、例えば、１０周期分の目標値入力を入力して後半５周期での応答データを用いる。この場合、上記式１～式４の離散時刻ｎは後半５周期の始まりを０とする。

【００４４】

以下、ミラー１２（Ｘ軸）の場合の推定手順を説明する。

【００４５】

α_0、α_1をコサイン波成分とサイン波成分の係数とすると、式３はコサイン波とサイン波の重ね合わせとして式５で表すことができる。そして、さらに式６、７を用いると、式５は式８で表すことができる。

【００４６】

$$Y_x(n\cdot Ts) = \alpha_0\cdot A\cdot\cos(\omega\cdot n\cdot Ts) + \alpha_1\cdot A\cdot\sin(\omega\cdot n\cdot Ts) = \alpha_0\cdot R_x(n\cdot Ts) + \alpha_1 R_y(n\cdot Ts) \quad \cdots (式5)$$

$$\alpha_0/\sqrt{(\alpha_0^2+\alpha_1^2)} = \cos\phi_x \quad \cdots (式6)$$

$$\alpha_1/\sqrt{(\alpha_0^2+\alpha_1^2)} = \sin\phi_x \quad \cdots (式7)$$

$$\begin{aligned} &Yx(n\cdot Ts)\\ &= |\sqrt{(\alpha_0^2+\alpha_1^2)}|\ [\ |\alpha_0/\sqrt{(\alpha_0^2+\alpha_1^2)}|\cdot R_x(n\cdot Ts)\\ &\quad + |\alpha_1/\sqrt{(\alpha_0^2+\alpha_1^2)}|\cdot R_y(n\cdot Ts)\]\\ &= |\sqrt{(\alpha_0^2+\alpha_1^2)}|\ [A\cdot\cos(\omega\cdot n\cdot Ts)\cdot\cos\phi_x\\ &\quad + A\cdot\sin(\omega\cdot n\cdot Ts)\cdot\sin\phi_x]\\ &= |\sqrt{(\alpha_0^2+\alpha_1^2)}|\cdot A\cdot\cos(\omega\cdot n\cdot Ts-\phi_x) \quad \cdots (式8 \end{aligned}$$

）

なお、係数α_0、α_1は、式１と式２の目標値Ｒｘ、Ｒｙと式５の応答信号Ｙｘの時系列データに対して、最小二乗法を用いて推定する。そして得られた係数値から、この周波数に対するミラー１２のフィードバック制御回路のゲイン特性を式９により計算し、位相特性を式１０で計算する。そして、これらの推定値をマイクロプロセッサ３２内部のメモリに記憶する。

【００４７】

$$B_x / A = \sqrt{(\alpha_0^2 + \alpha_1^2)} \quad \cdots (式9)$$

$$\psi_x = -\phi_x = \tan^{-1}(\alpha_1 / \alpha_0) \quad \cdots (式10)$$

同様の演算処理により、ミラー２２のフィードバック制御回路のゲイン特性と位相特性を推定する。そして、これらの推定値をマイクロプロセッサ３２内部のメモリに記憶する。

【００４８】

目標軌道が１つの円である場合、以上でステップ１の処理を終了する。また、中ぐり加工で円形の穴を加工する場合には、さらに、以下の作業を行う。

【００４９】

円形の中ぐり加工を行う場合、直径を変えて同心円状に描きながら一定周期のパルスでレーザを発射する必要があるが、被加工物を深さ方向に均一なレートで加工するためには、隣接するビームスポットのオーバーラップ面積を一定、すなわち、目標軌道の直径に関わらずビームの線速度を一定、すなわち目標軌道の半径に反比例して目標軌道正弦波の周波数を変える必要がある。そこで、中ぐり加工をする場合は、目標軌道の直径に応じた複数の周波数について、周波数毎に上記と同様に動特性を推定し、その結果を記憶する。

【００５０】

（２）ステップ２：ゲイン特性と位相特性の修正

ステップ２では、実際に目標軌道追従加工を行うため、上記推定結果の逆動特性で修正した目標軌道を生成する。

【００５１】

角周波数ωの場合のミラー角度の応答は、目標軌道に対して振幅が式９のように縮小あるいは増大し、位相遅れまたは位相進みが式１０のようになる。従って目標値を出力する場合、ＲＯＭ４５から一定サンプル周期でコサイン波またはサイン波を逐次読み出すときに、目標軌道の振幅を円半径に対して式９の逆数で係数倍し、さらに位相を式１０の符号反転で修正した目標値を、加算器３４に目標値入力する。このようにすると、定常状態では修正前の目標軌道、すなわち指令された目標軌道、に誤差無く追従させることができる。

【００５２】

図２は、目標軌道の周波数と振幅の条件を上記図４の場合と同じにして、ミラー１２の目標軌道（コサイン波）とミラー２２の目標軌道（サイン波）を、それぞれ推定したゲイン特性および位相特性の逆動特性で修正し、それを目標値入力した場合の時間応答波形を示す図であり、元の目標軌道は点線、修正目標軌道は破線、応答波形は実線で示されている。

【００５３】

ミラー１２，ミラー２２はいずれも目標値入力を開始して約１／２周期で過渡状態が減衰し、修正前の目標軌道に重なる。

【００５４】

図３は、図２の位相面軌跡である。修正目標軌道の効果により、レーザビームの中心の軌跡は修正前の目標軌道によく一致していることが分かる。

【００５５】

なお、半径が変化する過渡応答の間は、レーザパルスの発射をとめる必要があるので、サーボ制御回路３は過渡応答中か否かを知らせる二値信号を制御回路５に送信する。

【００５６】

なお、ステップ１は加工に先立って一度実施すればよいので、例えば、レーザ加工機の電源起動時に行い、後述する特性推定データをマイクロプロセッサ３２

の内部メモリなどに記憶する。

【００５７】

また、ステップ２は目標軌道追従加工のたびに行う。

【００５８】

ところで、フーリエ級数の原理を利用すれば、周期的な目標軌道は複数の正弦波の重ねあわせで実現できる。たとえば座標軸に平行な辺を持つ長方形の穴を加工する場合、ビーム軌跡を、長方形のひとつのコーナーからスタートし、一方の辺の方向に一定の速さで直線往復運動させ、軌跡の折り返し点で他方の辺の方向に一定距離だけステップ状に移動する矩形波状にするとする。この場合、前者のミラーの目標軌道は三角波、後者のミラーの目標軌道は階段状になる。三角波のフーリエ級数展開は基本周波数の正弦波とその奇数倍高調波の重ねあわせであり、実用上は有限個の高調波で三角波の目標軌道を実現できる。そこで、各周波数成分について、フィードバック制御のゲイン・位相特性をあらかじめ推定し、その逆特性で正弦波を修正することにより、一方の軸のミラーを所望の三角波に高精度で追従させることができる。また、他方の軸は一定の微小ステップ動作であるから、単なるステップ目標値でよい。そして、この加工では、加工形状の特徴量データとして、穴内の特定の一点の座標と二辺の長さを与えればよい。

【００５９】

なお、ビーム軌跡が折り返す過渡応答の間は、レーザパルスの発射をとめる必要があるので、サーボ制御回路は過渡応答中か否かを知らせる二値信号を制御回路５に送信する。

【００６０】

このように、各軸のミラーの動作を周期的な目標軌道にすると、所望の形状のビーム軌跡を高速・高精度で形成することができる。

【００６１】

なお、上記ではフィードバック制御回路のゲイン特性と位相特性を演算により推定するようにしたが、各周波数でのゲイン・位相特性の推定結果に基づき、フィードバック制御回路の逆動特性に近似的に一致する伝達関数を、ディジタルフィルタとしてマイクロプロセッサ３２で直接実現するようにしてもよい。このよ

うにすると、任意の周波数成分を持つ目標軌道に対してミラーの動作を精密に追従制御することができる。

【００６２】

また、例えばアクチュエータのトルク定数がミラーの角度に依存して変化する場合、フィードバック制御回路の動特性も角度依存性を持つ。そのような場合には、ミラーの角度を変えて複数箇所で動特性を推定し、中間の場所では推定値の補間や回帰曲線により目標軌道を高精度に修正するようにすれば、動特性の角度依存性の影響を補償することができる。

【００６３】

また、上記ではスキャナ制御装置Ｓによりレーザ発振器７の出力タイミングを制御するようにしたが、図１において、計算装置６によりレーザ発振器を直接制御するように構成してもよい。この場合、特徴データを計算装置６からサーボ制御回路３に入力するようにすると、制御装置５を設ける必要がない。

【００６４】

さらに、上記ではフィードバック制御手段のゲイン特性および位相特性を推定するようにしたが、予め周波数毎にゲイン特性および位相特性を推定しておき、その結果を記憶装置に記憶させておいてもよい。また、推定する毎にその結果を記憶装置に蓄積するように構成してもよい。

【００６５】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、ミラー１２とミラー２２のフィードバック制御回路の動特性のずれを補償するように、両軸の目標軌道を修正するようにしたので、それぞれのミラーを周期的な目標軌道に精密かつ高速に追従制御させることができる。そして、このようなスキャナ装置をレーザ加工機に採用させることにより、高速加工による生産時間の短縮や、高精度加工による歩留まりの向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】

本発明に係るスキャナ装置のブロック図である。

【図２】

本発明における目標軌道と修正目標軌道および応答波形を示す図である。

【図３】

本発明における位相面軌跡である。

【図４】

試作したフィードバック制御回路における入力波形と出力波形の関係を示す図である。

【図５】

試作機の位相面軌跡である。

【図６】

本発明に係るＸ軸フィードバック制御の周波数応答特性を示すボード線図である。

【図７】

本発明に係るＹ軸フィードバック制御の周波数応答特性を示すボード線図である。

【符号の説明】

１　Ｘ軸スキャナ

２　Ｙ軸スキャナ

３　サーボ制御回路

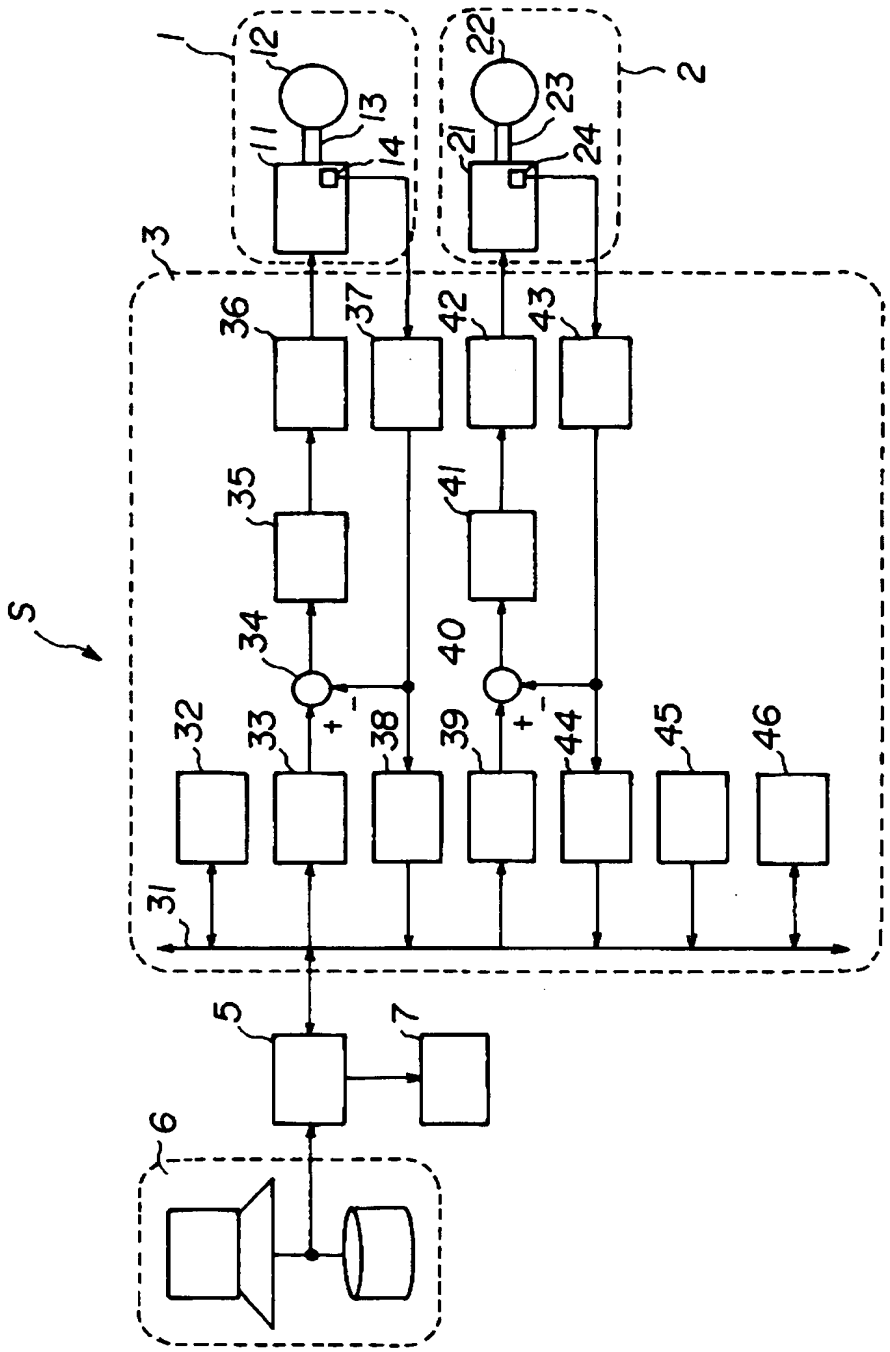
１２　ミラー（Ｘ軸）

２２　ミラー（Ｙ軸）

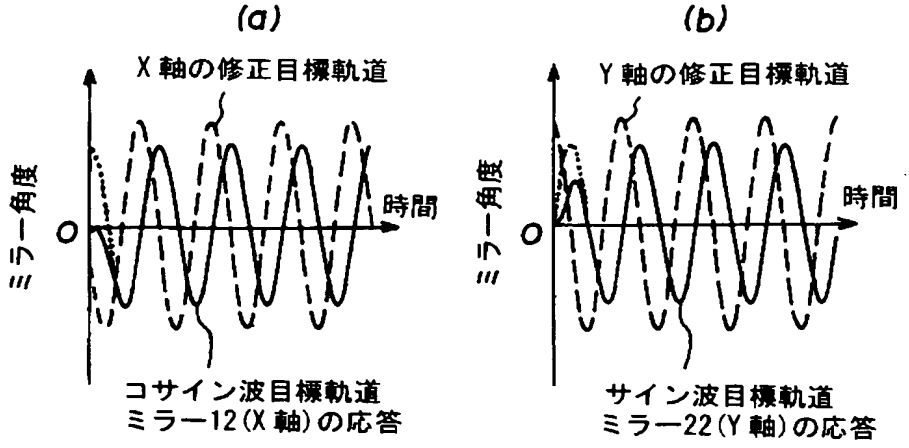
３２　マイクロプロセッサ

【書類名】　図面

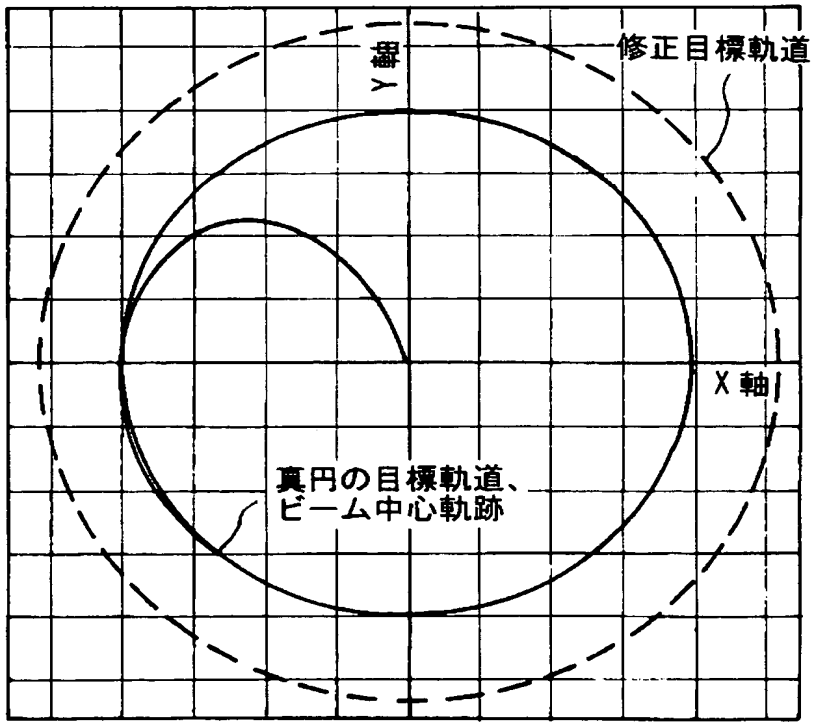
【図１】


1
2
3
S
11
12
13
14
21
22
23
24
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
5
6
7
+
-

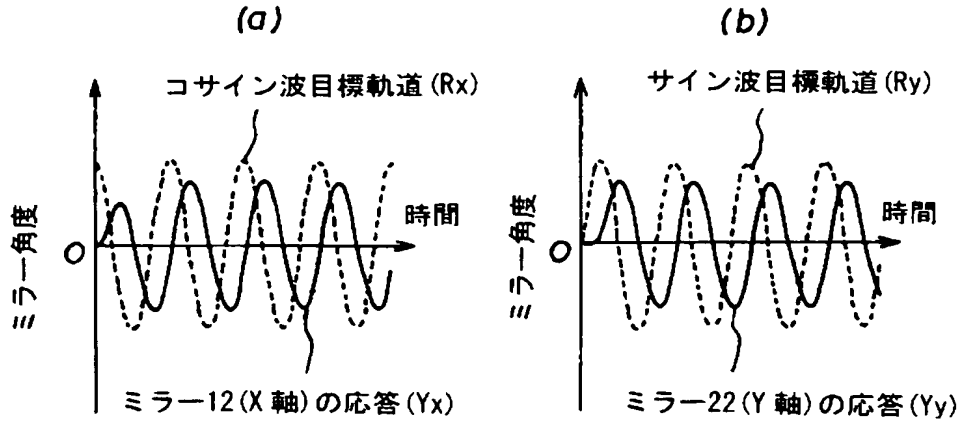
【図２】


(a)
X軸の修正目標軌道
ミラー角度
O
時間
コサイン波目標軌道
ミラー12(X軸)の応答
(b)
Y軸の修正目標軌道
ミラー角度
O
時間
サイン波目標軌道
ミラー22(Y軸)の応答

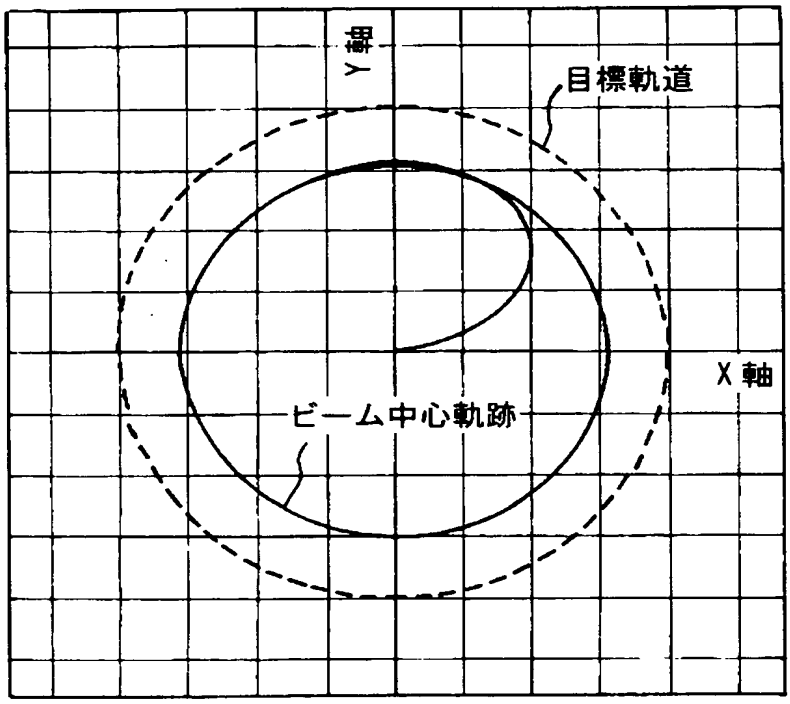
【図３】


Y軸
修正目標軌道
X軸
真円の目標軌道、
ビーム中心軌跡

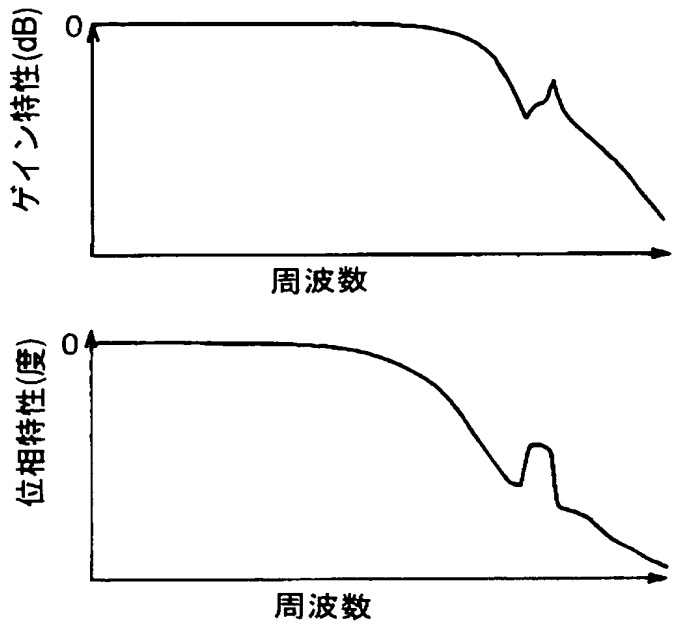
【図４】


(a)
コサイン波目標軌道(Rx)
ミラー角度
O
時間
ミラー12(X軸)の応答(Yx)
(b)
サイン波目標軌道(Ry)
ミラー角度
O
時間
ミラー22(Y軸)の応答(Yy)

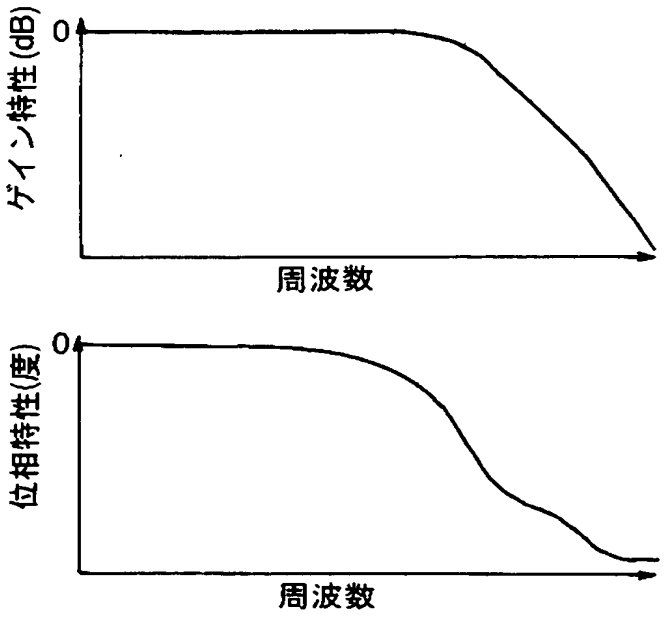
【図５】


Y軸
目標軌道
X軸
ビーム中心軌跡

【図６】



【図７】



【書類名】　　要約書

【要約】

【課題】　高速・高精度な目標軌道追従加工を実現することができるスキャナ装置を提供する。

【解決手段】　ミラー１２を位置決めするＸ軸スキャナ１とミラー２２を位置決めするＹ軸スキャナ２の動作を制御するサーボ制御回路３について、特定の周波数で各軸のフィードバック制御の正弦波応答を行い、ゲイン特性と位相特性を推定する。この処理演算は、加工に先立ってマイクロプロセッサ３２で行い、両軸の推定結果を周波数ごとのデータとして記憶する。加工を行う段階では、前記ゲイン特性・位相特性の推定結果を用いて、各特性を打ち消すように目標軌道の正弦波の振幅と位相を修正する。

【選択図】　　図１

特願２００３－０１１３９９

出　願　人　履　歴　情　報

識別番号　　［０００２３３３２］

１．変更年月日　　１９９０年　８月３１日
［変更理由］　　新規登録
住　所　　神奈川県海老名市上今泉２１００
氏　名　　日立精工株式会社

２．変更年月日　　１９９９年　４月１５日
［変更理由］　　名称変更
住　所　　神奈川県海老名市上今泉２１００
氏　名　　日立ビアメカニクス株式会社